

Translation of relevant parts of DE 15 58 798 D1:**Claims:**

1. Method for cooling molded bodies having a temperature of over 371°C made of copper, aluminium or alloys thereof with a surface cooling speed of at least 83°C/s,
characterized in that
the entire surface is sputtered with a jet of aqueous liquid in the form of droplets, wherein
 - (1) the jet is sputtered from a nozzle which is 15 to 61 cm away from the metal surface,
 - (2) the jet is sputtered with a pressure of 10.5 to 42 kilopond/cm²,
 - (3) the droplets have a velocity of 30.5 to 92 meters per second, and
 - (4) the amount of cooling agent is at least 0.081 liter per minute per cm² of the surface over the impact surface.
2. Method according to claim 1, characterized in that a molded body having a temperature of above 426°C is cooled by means of the measures (1) to (4).
3. Method according to claim 1 and 2, characterized in that the jet is sputtered from a nozzle which is 15 to 38.1 cm away from the metal surface.
4. Method according to claim 1 to 3, characterized in that the jet is sputtered with a pressure of 14 to 28 kilopond/cm².
5. Method according to claim 1 to 4, characterized in that the amount of cooling agent is 0.2 to 0.81 liters per minute per cm² of the surface over the impact surface.
6. Method according to claim 1 to 5, characterized in that the surface cooling speed is more than 138.9°C/s.

7. Method according to claim 1 to 6, characterized in that bands, sheet metal or moldings are cooled.

Column 3, lines 1 to 44:

According to the invention the heat from an entire surface of a molded body having a high body temperature lying above the boiling point of an aqueous cooling liquid is removed in that the material surface is subjected to the effect of droplets with a small diameter of cooling agent at a very high velocity which is sufficient for penetrating the vapor film formed on the surface due to vaporisation of the liquid. Surprisingly, it was found that by this way, it is possible to cool the entire surface of a large molded body made of copper or aluminium or alloys thereof from temperatures above the boiling point of the aqueous cooling liquid with a remarkably higher speed than the cooling speed achievable by means of immersion quenching.

It was, however, found that such a „super-quenching“, i.e. a faster cooling speed than the cooling speed which can be achieved with a direct immersion, can only be achieved if the liquid is applied to the metal surface to be cooled in the form of spatially separated liquid drops with small diameter and if additionally, the linear velocity of the liquid applied to the surface to be cooled is sufficiently high in order to allow a penetration and a passing through the vapor film formed on the molded body surface. The high linear velocity of the cooling agent sputtered onto the metal surface is an essential precondition for the realization of high cooling speeds beyond those cooling speeds which are achieved by means of immersion quenching either in a resting or flowing cooling agent. For example, with a surface temperature of 482°C a surface cooling speed of about 166.6°C per second is achieved in accordance with the invention if the aqueous cooling agent is sputtered with a pressure of 14 kilopond/cm². In contrast to this, the cooling speeds achievable with immersion quenching or with sputter quenching with pressures of up to 4.9 kilopond/cm² are limited to about 27.8°C per second if the surface temperature of the molded body to be quenched is 482°C.

Column 5, line 34 to column 6, line 11:

Example 1

A quadratic aluminium plate with a thickness of 1.27 cm and edge length of 15.2 cm was insulated on the backside and provided with thermal elements as follows:

1. a thermal element was embedded into the plate near its front surface,
2. a thermal element was embedded near the backside with a distance of 1.27 cm away from the surface.

The thermal elements were attached in such a way that they were able to continuously measure and render the temperatures at the front side and backside.

The insulated plate with the thermal elements was heated to a temperature of about 537°C. The plate was then sputtered with water in the form of small droplets with a pressure of about 19.3 kilopond/cm² and a velocity of about 45.6 m/sec. The water was sputtered onto the surface of the plate in the form of small droplets in order to penetrate the vapor barrier which was formed on the plate surface due to vaporisation of the liquid. The initial temperature of the water was about 32°C. The water flowed with a velocity of approximately 0.405 liters per minute per cm² surface over the impact surface.

Both the front and the back side of the plate were cooled to below 149°C in less than 3 ½ seconds despite the fact that no water was sputtered onto the back side and the back side was covered with insulating material. In contrast, the same sample which was insulated in the same way was cooled by immersion into water having 32°C. The front surface reached 149°C in about 5 seconds and the back side has not reached 149°C not even after about 7 seconds.

The momentary cooling speed with the sputtered sample having about 482°C was 161°C per second in case of the front surface, whereas the cooling speed was only about 27.8°C per second in case of the sample piece quenched by means of immersion.

Column 6, lines 37 to 40:

Example 3

The method according to example 1 was repeated under the same sputtering conditions but with varying sputtering pressure. The cooling speeds can be seen from the following table:

(51)

Int. Cl. 2:

C 22 F 1/00

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



Behördeneigentum

DT 15 58 798 R 2

Auslegeschrift 15 58 798

(11)

(21)

(22)

(43)

(44)

Aktenzeichen: P 15 58 798.1-24

Anmeldetag: 24. 4. 67

Offenlegungstag: 23. 4. 70

Bekanntmachungstag: 3. 3. 77

(30)

Unionspriorität:

(32) (33) (31)

(54)

Bezeichnung: Verfahren zur Kühlung von eine Temperatur von über 371° C aufweisenden Formkörpern aus Kupfer, Aluminium oder Legierungen dieser Metalle

(71)

Anmelder: Swiss Aluminium Ltd., Chippis (Schweiz)

(74)

Vertreter: Jung, E., Dipl.-Chem. Dr.phil.; Schirdewahn, J., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Schmitt-Nilson, G., Dr.-Ing.; Pat.-Anwälte, 8000 München

(72)

Erfinder: Clumpner, Joseph, Bethany, Conn. (V.St.A.)

(56)

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
US 32 34 053

BEST AVAILABLE COPY

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Kühlung von eine Temperatur von über 371°C aufweisenden Formkörpern aus Kupfer, Aluminium oder Legierungen dieser Metalle mit einer Oberflächenabkühlgeschwindigkeit von mindestens 83°C/s , dadurch gekennzeichnet, daß die gesamte Oberfläche mit einem Strahl wäßriger Flüssigkeit in Tröpfchenform bespritzt wird, wobei

(1) der Strahl aus einer 15 bis 61 cm von der Metalloberfläche entfernten Düse gespritzt wird,

(2) der Strahl mit einem Druck von 10,5 bis 42 kp/cm^2 aufgespritzt wird,

(3) die Tröpfchen eine Geschwindigkeit von 30,5 bis 92 Meter pro Sekunde besitzen und

(4) die Kühlmittelmenge wenigstens 0,081 Liter pro Minute pro cm^2 der Oberfläche über die Aufschlagfläche beträgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Formkörper mit einer Temperatur von über 426°C mittels der Maßnahmen (1) bis (4) gekühlt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahl aus einer 15 bis 38,1 cm von der Metalloberfläche entfernten Düse gespritzt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahl mit einem Druck von 14 bis 28 kp/cm^2 aufgespritzt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlmittelmenge 0,2 bis 0,81 Liter pro Minute pro cm^2 der Oberfläche über die Aufschlagfläche beträgt.

6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächenabkühlgeschwindigkeit mehr als $138,9^{\circ}\text{C/s}$ beträgt.

7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß Bänder, Bleche oder Preßlinge gekühlt werden.

In der Metallindustrie spielt das Erhitzen und die Wärmeübertragung eine überaus wichtige Rolle, z. B. bei den Fabrikationsstufen des Gießens, Vorerhitzens, Warmwalzens, Anlassens, des Lösungsglühens, des Abschreckens und Alterns.

Insbesondere erfordern Formkörper, wie Bänder, Bleche oder Preßstücke aus Kupfer, Aluminium oder Legierungen dieser Metalle ein schnelles Abkühlen von Temperaturen über 371°C auf Umgebungstemperaturen, wobei das Arbeiten um so wirtschaftlicher ist, desto schneller das Abkühlen erfolgt.

Außerdem werden derartige Verarbeitungsschritte häufig am sich fortbewegenden Band durchgeführt, so daß es außerordentlich erwünscht ist, ein Verfahren zu entwickeln, das eine extrem schnelle Wärmeabführung erlaubt, damit Größe und Kosten von Abschreckanlagen begrenzt werden können.

Bei derartigen Verarbeitungsschritten müssen die Formkörper, wie Bleche, Bänder oder Preßlinge, innerhalb von Sekunden auf Umgebungstemperaturen gekühlt werden.

Das Abkühlen eines sich schnell bewegenden Bandes

erläutert die Probleme, denen man sich in der Technik gegenüber sieht. Beispielsweise bewegt sich ein Kupfer oder Aluminiumband von 2,54 cm Dicke längs einer Produktionsstraße mit einer Geschwindigkeit von 182,9 Meter pro Minute, wobei das Band von einer Anfangstemperatur von 538°C auf unter 149°C gekühlt wird. Bei der Verwendung üblicher Abschreckverfahren, wie das Bespritzen des Bandes mit Wasser unter Verwendung von Spritzdüsen, die bei einem Druck von 4,2 kp/cm^2 arbeiten, oder Durchleiten des Bandes durch einen Tauchtank mit gerührtem kalten Wasser sind wenigstens 8 Sekunden nötig, um die gewünschte Abkühlung zu erreichen. Da die Bandgeschwindigkeit 182,9 Meter pro Minute beträgt, bewegt sich das Band in 8 Sekunden 24,3 Meter weit fort. Dies bedeutet, daß eine übliche Abschreckanlage für das heiße Band wenigstens 24,3 Meter lang sein muß. Aus praktischen Gesichtspunkten wäre es daher sehr erwünscht, die Länge der Kühlzone abzukürzen, wobei offenbar eine Erhöhung der Kühlgeschwindigkeit die Kühlzone verkürzen und beträchtliche finanzielle Ersparnisse zur Folge haben würde.

Leider wird jedoch die Wärmeübertragungsgeschwindigkeit durch eine feste Oberfläche auf ein flüssiges Kühlmittel durch den Aufbau eines Dampffilmes in Berührung mit der Oberfläche, der als Sperre gegenüber der Wärmeübertragung wirkt, begrenzt. Dieser Dampffilm wird durch teilweises Verdampfen des flüssigen Kühlmittels an der auf hoher Temperatur befindlichen Oberfläche gebildet, und die niedrige Wärmeübertragungsgeschwindigkeit durch diesen Film reduziert drastisch die Kühlgeschwindigkeit, die durch die Verwendung flüssiger Kühlmittel erreicht werden kann.

Versuche, diese niedrigen Wärmeübertragungsgeschwindigkeiten durch Aufspritzen von Wasser auf die heißen Metalloberflächen mit einer Temperatur oberhalb 371°C mittels üblicher Kühlmittelspritzdüsen bei Drücken bis zu 4,9 kp/cm^2 zu erhöhen, haben keine wesentlich höheren Abkühlungsgeschwindigkeiten erzielt als die durch Tauchabschreckung, also durch unmittelbares Eintauchen des erhitzten Formkörpers in eine unbewegte oder bewegte Flüssigkeitsmenge erzielbaren.

Aufgabe der Erfindung war es daher, ein Kühlungsverfahren für Formkörper aus Kupfer, Aluminium oder Legierungen dieser Metalle mit einer Temperatur über 371°C zur Verfügung zu stellen, bei dem die gesamte Oberfläche extrem schnell auf Umgebungstemperaturen abkühlt und welches sich auch im technischen Maßstab, ohne speziellen Aufwand durchführen läßt.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Kühlung von eine Temperatur von über 371°C aufweisenden Formkörpern aus Kupfer, Aluminium oder Legierungen dieser Metalle mit einer Oberflächenabkühlungsgeschwindigkeit von mindestens 83°C/s , ist dadurch gekennzeichnet, daß die gesamte Oberfläche mit einem Strahl wäßriger Flüssigkeit in Tröpfchenform bespritzt wird, wobei

(1) der Strahl aus einer 15 bis 61 cm von der Metalloberfläche entfernten Düse gespritzt wird,

(2) der Strahl mit einem Druck von 10,5 bis 42 kp/cm^2 aufgespritzt wird,

(3) die Tröpfchen eine Geschwindigkeit von 30,5 bis 92 Meter pro Sekunde besitzen und

(4) die Kühlmittelmenge wenigstens 0,081 Liter pro Minute pro cm^2 der Oberfläche über die Aufschlagfläche beträgt.

Erfindungsgemäß wird die Wärme aus der gesamten Oberfläche eines Formkörpers mit einer hohen Körpertemperatur, die über dem Siedepunkt einer wäßrigen Kühlflüssigkeit liegt, dadurch abgeführt, daß die Materialoberfläche der Einwirkung von Tröpfchen mit kleinem Radius der Kühlflüssigkeit bei einer sehr hohen Geschwindigkeit, die zur Durchdringung des auf der Oberfläche durch Verdampfung der Flüssigkeit gebildeten Dampffilms ausreicht, ausgesetzt wird. Überraschenderweise wurde gefunden, daß es auf diese Weise möglich ist, die gesamte Oberfläche eines großen Formkörpers aus Kupfer oder Aluminium oder Legierungen dieser Metalle von Temperaturen über dem Siedepunkt der wäßrigen Kühlflüssigkeit mit einer bedeutend größeren Geschwindigkeit als die durch Tauchabschreckung erzielbare Kühlgeschwindigkeit abzukühlen.

Es wurde jedoch gefunden, daß eine solche »Superabschreckung«, d. h. eine größere Kühlgeschwindigkeit als die durch unmittelbares Eintauchen erreichbare Geschwindigkeit, nur dann erzielt werden kann, wenn die Flüssigkeit an die zu kühlende Metalloberfläche in der Form räumlich voneinander getrennter Flüssigkeitströpfchen von kleinem Radius gebracht wird und wenn außerdem die lineare Geschwindigkeit der an die zu kühlende Oberfläche gebrachten Flüssigkeit ausreichend hoch ist, um ein Durchdringen und Passieren des an der Formkörperoberfläche gebildeten Dampffilms zu gestatten. Die hohe lineare Geschwindigkeit der auf die Metalloberfläche gespritzten Kühlflüssigkeit ist wesentliche Bedingung für die Verwirklichung sehr hoher Kühlgeschwindigkeiten über diejenige Kühlgeschwindigkeit hinaus, die durch Tauchabschreckung entweder in ruhender oder in fließender Kühlflüssigkeit erhalten wird. Zum Beispiel wird bei einer Oberflächentemperatur von 482°C erfindungsgemäß eine Oberflächenkühlgeschwindigkeit von etwa 166,6°C pro Sekunde erzielt, wenn das wäßrige Kühlmittel bei einem Druck von 14 kp/cm² aufgespritzt wird. Im Gegensatz hierzu sind die durch Tauchabschreckung oder Spritzabschreckung bei Drücken bis zu 4,9 kp/cm² erreichbaren Kühlgeschwindigkeiten auf etwa 27,8°C pro Sekunde begrenzt, wenn die Oberflächentemperatur des abzuschreckenden Formkörpers 482°C beträgt.

Es war bereits bekannt, bei Metallbändern oder solchen dadurch eine bestimmte Gefügestruktur im Anschluß an eine Walzbehandlung auszubilden, daß man durch einseitiges Aufspritzen von Kühlmittel auf den betreffenden Teil der Oberfläche einen Temperaturgradienten innerhalb des Walzgutes erzeugt, wobei die Inhomogenität des Abkühlungsvorganges Voraussetzung für den angestrebten technischen Effekt ist. Demgemäß werden auch keine speziellen Bedingungen für die Art, in welcher das Kühlmittel auf die Oberfläche auftreffen muß, genannt, sondern es kommt nur darauf an, in dem Formkörper einen Temperaturgradienten aufrechtzuerhalten, bis sich die gewünschte Gefügestruktur stabilisiert hat.

Erfindungsgemäß muß hingegen die gesamte Oberfläche des abzukühlenden Formkörpers mit den Kühlmitteltröpfchen in Berührung kommen, wobei die Mindestkühlmittelmenge je Flächeneinheit durch das Merkmal (4) vorgegeben ist und nicht unterschritten werden darf.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist auf das Kühlen von Formkörpern aus Aluminium oder Kupfer bzw. aus Legierungen dieser Metalle anwendbar, deren gesamte Oberfläche eine Temperatur über 371°C, vorzugsweise

über 426°C hat, da dann die vorstehend erörterten Probleme einer Dampfsperrenwirkung besonders deutlich auftreten.

Formkörper aus Kupfer und Aluminium und aus Legierungen dieser Metalle geben Anlaß zu besonderen Kühlungsproblemen, wegen der Tatsache, daß sie Materialien mit hoher Wärmeleitfähigkeit sind und ein hohes Wärmediffusionsvermögen besitzen. Das Wärmediffusionsvermögen ist eine Materialeigenschaft, die als Wärmeleitfähigkeit dividiert durch die Wärmekapazität pro Volumeneinheit definiert ist. Das Wärmediffusionsvermögen eines Materials gibt eine genaue Anzeige dafür, wie schnell die Wärme aus dem Innern eines Materials zu dessen Oberfläche diffundiert, wenn ein Formkörper daraus abgeschreckt wird.

Zum Beispiel betragen bei Kupfer und Aluminium die Wärmediffusionswerte etwa 0,9 cm²/sec. Zum Vergleich beträgt das Wärmediffusionsvermögen für Flußstahl etwa 0,129 cm²/sec. Diese Werte zeigen, daß bei gleicher Gestalt in Formkörpern aus Aluminium oder Kupfer die Wärme etwa siebenmal schneller fließt als in Formkörpern aus Flußstahl.

Wegen dieses schnelleren Wärmefflusses im Inneren der Formkörper ist es schwieriger, die Oberflächen von Formkörpern aus Kupfer und Aluminium schneller abzukühlen als die Oberfläche von Flußstahl. Sobald Wärme aus der Oberfläche der Kupfer- und Aluminiumformkörper abgezogen wird, wandert Wärme aus dem Innern schnell an die Oberfläche und hält diese Oberfläche auf fast der gleichen Temperatur wie das Innere des Formkörpers. Im Gegensatz dazu fließt zum Beispiel bei Wärmeentzug aus der Oberfläche eines Flußstahlformkörpers die Wärme aus dem Innern langsamer nach und erleichtert so die Abkühlung der Oberfläche auf eine Temperatur, die wesentlich niedriger ist als die des Innern.

Erfindungsgemäß wird praktisch die gesamte Oberfläche des Formkörpers mit einem Strahl hoher Geschwindigkeit einer wäßrigen Flüssigkeit bespritzt, der die Form kleiner Tröpfchen hat, um die Dampfsperre zu durchdringen. Der Strahl wird vorzugsweise aus einer Entfernung von 15 bis 38,1 cm von der Metalloberfläche aufgedüst, wobei der Spritzdruck vorzugsweise 14 bis 28 kp/cm² beträgt.

Bei größeren Entfernungen der Düse von der Metalloberfläche neigt die Tröpfchengeschwindigkeit zur Verlangsamung, und die Tröpfchen werden weniger wirksam bei der Durchdringung der Dampfsperre.

Drücke oberhalb 28 kp/cm² sind zwar aufwendiger zu realisieren und erfordern kompliziertere Vorrichtungen, sie können jedoch bei Bedarf für bestimmte Ausführungsformen ohne Schwierigkeiten angewendet werden.

Die Kühlmittelmenge beträgt vorzugsweise zwischen 0,2 und 0,81 Liter pro Minute pro cm² der Oberfläche über die Aufschlagfläche.

Erfindungsgemäß läßt sich ein überraschender Effekt der »Superabschreckung« erhalten, d. h. die gesamte Metalloberfläche wird mit einer überraschenden Geschwindigkeit von vorzugsweise mehr als 138,9°C pro Sekunde abgekühlt. Bei Drücken über 21 kp/cm² werden sogar Kühlgeschwindigkeiten von mehr als 222°C pro Sekunde erhalten. Diese Geschwindigkeiten werden auf Momentanbasis bestimmt, d. h. sie werden bestimmt in dem Augenblick, wo die Formkörperoberfläche auf 482°C ist. Anders ausgedrückt, befindet sich der Formkörper auf 482°C, so kühlt er in diesem Augenblick mit mindestens dieser Geschwindigkeit ab.

Diese Geschwindigkeiten können durch übliche Methoden errechnet werden, oder sie können durch Aufzeichnung von genau gemessenen Oberflächentemperaturen als Funktion der Abschreckzeit erhalten werden.

Die Erfindung ist insbesondere auf Bänder, Bleche oder Preßlinge von Aluminium und Kupfer bzw. Legierungen dieser Metalle anwendbar und kann am vorteilhaftesten angewendet werden, wenn diese Formkörper transportiert werden. Bei großtechnischer Anwendung wird bevorzugt, eine Vielzahl in Abständen voneinander angebrachter Wasserstrahlen zu verwenden, insbesondere wenn große Formkörper vorliegen.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist auf jeden Formkörper aus Aluminium, Kupfer, Aluminiumlegierungen oder Kupferlegierungen anwendbar. Es wird ein Kühlmittel auf der Basis von Wasser verwendet. Dem Wasser können Substanzen zugesetzt sein, oder das Wasser kann mit anderen Kühlmitteln vermischt sein, um besondere Resultate gemäß der Erfindung zu erzielen. Zum Beispiel können dort, falls bei bestimmten Kühlvorgängen chemische Reaktionen mit der Oberfläche oder Fleckenbildung vermieden werden sollen, dem Kühlwasser chemische Inhibitorzusätze zugegeben werden. Es können auch oberflächenaktive Mittel oder ähnliche Substanzen verwendet werden.

Wasser ist das bevorzugte Kühlmittel, da es in ausreichenden Mengen zur Verfügung steht und eine besonders hohe latente Verdampfungswärme von annähernd 550 cal/g besitzt.

Die nachfolgenden Beispiele erläutern das erfindungsgemäße Verfahren.

Beispiel 1

Eine quadratische Aluminiumplatte von 1,27 cm Dicke und 15,2 cm Kantenlänge wurde auf der Rückseite isoliert und wie folgt mit Thermoelementen versehen:

1. ein Thermoelement wurde in die Platte nahe deren Vorderfläche eingebettet;
2. ein Thermoelement wurde 1,27 cm von der Oberfläche entfernt nahe der Rückseite eingebettet.

Die Thermoelemente wurden so angebracht, daß sie kontinuierlich die Temperaturen an der Vorderseite und der Rückseite der Platte messen und wiedergeben konnten.

Die isolierte Platte mit den Thermoelementen wurde dann auf eine Temperatur von etwa 537°C erhitzt. Die Platte wurde mit Wasser in der Form kleiner Tröpfchen bei einem Druck von etwa 19,3 kp/cm² und einer Geschwindigkeit von etwa 45,6 m/sec bespritzt. Das Wasser wurde auf die Oberfläche der Platte in Form kleiner Tröpfchen aufgespritzt, um die Dampfsperre zu durchdringen, die sich auf der Plattenoberfläche durch Verdampfung der Flüssigkeit ausbildete. Die Eingangstemperatur des Wassers betrug etwa 32°C. Das Wasser strömte mit einer Geschwindigkeit von annähernd 0,405 Litern pro Minute pro cm² Oberfläche über die Aufschlagfläche.

Sowohl die Vorder- wie die Rückseite der Platte wurden in weniger als 3 1/2 Sekunden auf unter 149°C gekühlt, obwohl kein Wasser auf die Rückseite gespritzt wurde und die Rückseite mit Isoliermaterial bedeckt

war. Im Gegensatz dazu wurde das gleiche Probestück, das in der gleichen Weise isoliert war, durch Eintauchen in Wasser von 32°C gekühlt. Die Vorderfläche erreichte 149°C in etwa 5 Sekunden, und die Rückseite erreichte 149°C auch nach etwa 7 Sekunden noch nicht.

Die momentane Kühlgeschwindigkeit bei etwa 482°C des bespritzten Probestückes betrug 161°C pro Sekunde bei der Vorderfläche, während bei dem durch Eintauchen abgeschreckten Probestück die Kühlgeschwindigkeit nur etwa 27,8°C pro Sekunde betrug.

Vergleichsbeispiel 2

Eine Stahlplatte mit den gleichen Abmessungen wie die Aluminiumplatte in Beispiel 1 wurde isoliert und in der gleichen Weise wie in Beispiel 1 mit Thermoelementen versehen. Das Verfahren in diesem Versuch war sonst identisch wie in Beispiel 1. Die Stahlplatte wurde dann auf eine Temperatur von etwa 537°C erhitzt und mit einem Spritzstrahl kleiner Tröpfchen wie in Beispiel 1 gekühlt.

Die Temperaturen auf der Vorderseite und der Rückseite der Stahlplatte wurden kontinuierlich gemessen und aufgezeichnet. Die Vorderfläche wurde auf weniger als 149°C in etwa 6 Sekunden abgekühlt, während die Rückseite wesentlich länger brauchte und nach 6 Sekunden noch immer etwa 315,5°C hatte. Die momentane Kühlgeschwindigkeit an der Vorderfläche betrug 361°C pro Sekunde.

Diese Zahlen bestätigen das ganz unterschiedliche Verhalten der Metalle Aluminium bzw. Stahl. Insbesondere ist beachtlich, daß die Rückseite der Stahlplatte mit einer sehr niedrigen Geschwindigkeit gekühlt wurde, verglichen mit der Vorderseite, was auf der relativ schlechten Wärmeleitfähigkeit des Stahls beruht.

Beispiel 3

Das Verfahren gemäß Beispiel 1 wurde unter den gleichen Spritzbedingungen wiederholt, jedoch wurde der Spritzdruck variiert. Die Kühlgeschwindigkeiten sind in folgender Tabelle angegeben:

Tabelle

Spritzdruck, kp/cm ²	Momentane Kühlgeschwindigkeit bei 482°C, in °C/sec.
1,8	27,8
3,5	27,8
5,3	38,9
7,0	55,5
10,5	133,3
14	166,6
18	194,4
21	222,2
25	250

Der scharfe Anstieg der Kühlgeschwindigkeit bei Drücken über 10,5 kp/cm² ist deutlich und zeigt die Wichtigkeit des Spritzens bei hohen Drücken. Es ist überraschend, daß bei den niedrigeren Druckbereichen nur ein kleiner Anstieg der Kühlgeschwindigkeit erhalten wird, während im scharfen Gegensatz dazu die höheren Drücke einen wesentlichen Anstieg der Kühlgeschwindigkeit ermöglichen.